



Digitalfotografieverfahren und Digitalkamera

Die vorliegende Erfindung betrifft ein
Digitalfotografieverfahren nach dem Oberbegriff von
Anspruch 1 sowie eine Digitalkamera nach demjenigen von
5 Anspruch 10.

Die digitale Fotografie bietet einerseits viele Vorteile,
da keine Filme Verwendung finden und damit laufende Kosten
vermieden werden. Andererseits birgt aber die digitale
Fotografie auch einen wesentlichen Nachteil: Fehlerstellen
10 in fotochemischen Filmen treten nur einmal auf, bereits für
ein nächstes Bild wird ein neues Negativ verwendet. Durch
Verwendung opto-elektronischer Sensoren bzw. Wandler in der
Digitalfotografie werden hingegen für jede
Bildregistrierung dieselben Sensoren verwendet.
15 Fehlerstellen von oder auf diesen Bildsensoren wirken sich
immer wieder aus.

Bereits heute sind verschiedene Verfahren bekannt,
Fehlerstellen an einem elektronisch registrierten Bild zu
entdecken und rechnerisch zu eliminieren bzw. teilweise zu
20 kompensieren. Es sei beispielsweise auf die "Blemish Files"
mit Information über fehlerhafte Einzelpixel bzw.
Pixelreihen hingewiesen, deren Information aus den
umliegenden Pixeln interpoliert werden muss, sowie auf die
sogenannten "Gain Files/White Shading-Verfahren" mit
25 Verstärkungs-Korrekturwerten für alle Pixel, um deren
unterschiedliche Güte zu homogenisieren.

Die vorliegende Erfindung geht primär von der Aufgabe aus,
Störstellen, welche mechanisch mit der Matrix opto-
elektronischer Sensoren verbunden sind, wie beispielsweise
30 Kratzer in der Sensorbeschichtung, Staubpartikel auf der
Matrix, fehlerhafte Pixel bzw. Sensoren und/oder

Glasfehler, Kratzer, Staub etc. im bzw. auf dem vor dem Sensor positionierten und damit verbundenen Schutzglas und/oder z.B. IR-Sperrfilter etc., auf einfache und zuverlässige Art und Weise zu detektieren und damit die
5 Basis für eine entsprechende Bildkorrektur zu schaffen.

Beim Auffinden der nachfolgend dargestellten erfindungsgemässen Lösung wurde aber gleichzeitig erkannt, dass mit dem gefundenen Lösungsprinzip auch die Detektion weiterer Bildkriterien möglich wird, mit aufgrund der
10 Detektion entsprechender Bildnachbearbeitung.

Am Digitalfotografieverfahren eingangs genannter Art wird die erwähnte Aufgabe primär der erwähnten Fehlerdetektion und zusätzlich der Eröffnung weiterer Detektionsmöglichkeiten von Bildeigenschaften,
15 grundsätzlich dadurch ermöglicht, dass von den Bildsignalen der beiden Bilder abhängige Signale einer Vergleichsoperation zugeführt werden und ein Vergleichsresultats-Bild in Form elektrischer Vergleichsresultats-Signale mit der jeweiligen Sensor-
20 Positionsinformation erzeugt wird und mit elektrischen Signalen des Vergleichsresultats-Bildes das erste und/oder zweite registrierte Bild modifiziert wird.

Grundsätzlich wird dabei ausgenützt, dass die erwähnten Fehler- bzw. Störstellen, welche mechanisch an die Matrix
25 optoelektrischer Sensorelemente gebunden sind, sich bei Verschiebung der Matrix zusammen mit der Matrix verschieben, während das dem Abbildungsstrahl aufgeprägte Bild sich bezüglich der Matrix, invers zur Matrixverschiebung, verschiebt. Wird die Matrix nur
30 beispielsweise nach rechts verschoben, verschiebt sich das Bild des Abbildungsstrahles bezüglich der Matrix nach links; weil das Bild der Störstelle an der Matrix stationär

bleibt, sich das Bild im Abbildungsstrahl auf der Matrix verschiebt, verschiebt sich letzteres bezüglich des Störstellenbildes.

- 5 Dieses unterschiedliche Verhalten als ein einfaches Diskriminierungs-Kriterium zu erkennen, ist Basis der vorliegenden Erfindung. Sie bezieht sich sowohl auf digitale monochrome Fotografie wie auch auf digitale Farbfotografie.

- 10 Für die Realisation des erfindungsgemässen Verfahrens im Rahmen der digitalen Farbfotografie, bei welcher Matrixen mit Mustern unterschiedlich farbselektiver optoelektrischer Wandlerelemente bzw. -Sensoren eingesetzt werden, wird dabei vorgeschlagen, das erste und/oder zweite Bild aus mehr als einem Teilbild bereitzustellen, erzeugt durch
15 weitere Verschiebungen der Matrix entsprechend ihrer örtlichen Verteilung farbselektiver Sensorelemente. Dabei ist es nicht zwingend, für beide der erwähnten Bilder eine gleiche Anzahl von Teilbildern bereitzustellen, es kann durchaus eines der Bilder mit der gesamten Farbinformation
20 und damit den mehreren Teilbildern registriert werden, während das andere Bild - pro Pixel - nur mit Information bezüglich einer Farbe registriert werden kann und der erfindungsgemäss vorgenommene Vergleich trotzdem zur erwünschten Detektion von Fehlerstellen führt.

- 25 In einer einfachen Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens werden die elektrischen Bildsignale der beiden Bilder, welche selbstverständlich die Positionsinformation mit enthalten, direkt miteinander verglichen, und es werden Sensorelemente, deren Ausgangssignale ein mindestens in
30 vorgegebenem Masse Übereinstimmung anzeigendes Vergleichsresultat im Vergleichsresultat-Bild ergeben, als störungsbehaftet identifiziert.

Weil nämlich bei der erwähnten mechanischen Matrixverschiebung störungsbehaftete Sensorelemente mitverschoben werden, ergibt der erwähnte direkte Vergleich Signalidentität an störungsbehafteten Sensorpositionen, bei
5 Differenzbildung somit idealerweise entsprechende Nullsignale, wobei beispielsweise aufgrund von Verschiebungstoleranzen auch nicht ideal verschwindende Vergleichsresultats-Signale resultieren können und mithin ein das Mass der Übereinstimmung vorgebendes Kriterium,
10 beispielsweise ein Schwellwert, vorgegeben wird, welcher für die Identifikation einer Störstelle unterschritten werden muss.

Bei der Weiterentwicklung der vorliegenden Erfindung wird grundsätzlich am Fotografieverfahren eingangs genannter Art
15 erkannt, dass eine mechanische Matrixverschiebung zum oben erwähnten Bildverhalten führt, während eine rechnerische Verschiebung eines elektronisch registrierten Bildes zu einem andern Verhalten führt. Während nämlich bei mechanischer Matrixverschiebung, wie erläutert wurde das
20 Bild fehlerbehafteter Sensoren sich bezüglich des Bildes des Abbildungsstrahles verschiebt, ergibt sich bei rechnerischer Verschiebung eines Bildes keine derartige Verschiebung. Wie gezeigt werden wird, kann diese an sich erfinderisch ausnützbare Erkenntnis mit der ersterwähnten
25 ideal kombiniert werden, indem dabei das erste und/oder zweite elektronisch abgespeicherte Bild rechnerisch verschoben wird, - die den elektrischen Bildsignalen - jeweiligen Wandlungsergebnissen an den Sensoren - zugeordnete Positionsinformation wird rechnerisch geändert.
30 Damit wird ein elektronisches Phantombild des zweiten und/oder ersten Bildes erzeugt. Wird nämlich das erste Bild um den inversen mechanischen Verschiebungsweg rechnerisch

verschoben, entsteht ein Phantombild des zweiten Bildes und umgekehrt.

Der Vergleich wird nun zwischen Phantombild und dem zugeordneten Nichtphantombild vorgenommen: Wird vom ersten Bild ein Phantombild erzeugt, erfolgt der Vergleich vorzugsweise am ersten Bild und dessen Phantombild und analog für das zweite Bild. Es können gegebenenfalls durchaus von beiden Bildern Phantombilder erzeugt werden und die Detektionsqualität durch doppelten Vergleich erhöht werden.

Damit ist nun insbesondere die Störstellendetektion vorgenommen. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens wird nun aber ausgenützt, dass die ungestörte Bildinformation für die Störstelle in den bereits vorhandenen Bildern vorliegt.

Dabei werden bevorzugterweise für die Erzeugung des Aufnahmebildes - also des definitiven Bildes - elektrische Signale am ersten, zweiten oder Phantombild ersetzt, an Positionen, an denen, im Vergleichsresultat-Bild, Vergleichsresultats-Signale unter einem vorgegebenen Schwellwert liegen. Damit wird auch das Problem behoben, dass bei uniformen Szenen, bei denen sich auch nach mechanischer Verschiebung um \bar{S} uniforme Szenenabschnitte mit dem Ursprungsbild überlappen und als Fehlerbereiche interpretiert werden könnten.

Im weiteren wird es möglich, wie noch auszuführen sein wird, aus dem Vergleichsresultat-Bild nicht nur auf störbehaftete Stellen an der Sensormatrix zu schliessen, sondern auch über bewegte Bildbereiche im Abbildungsstrahl.

Eine erfindungsgemässe Digitalkamera zeichnet sich im weiteren nach dem Kennzeichen von Anspruch 10 aus bzw. nach

demjenigen von Anspruch 14, bevorzugte Ausführungsformen nach den Ansprüchen 11 bis 13. Die Erfindung wird anschliessend beispielsweise anhand von Figuren erläutert. Diese Erläuterungen eröffnen dem Fachmann verschiedenste Realisationsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung. In den Figuren zeigen beispielsweise:

- Fig. 1 anhand eines Signalfluss/Funktionsblockdiagrammes das erfindungsgemässe Verfahren bzw. eine erfindungsgemässe Digitalkamera, woran das der Erfindung zugrundeliegende Grundprinzip realisiert ist;
- Fig. 2 in einer Darstellung analog zu derjenigen von Fig. 1, eine erste Realisationsform der erfindungsgemässen Kamera bzw. des erfindungsgemässen Verfahrens;
- Fig. 3 in einer Darstellung analog derjenigen der Figuren 1 bzw. 2, das erfindungsgemässe Verfahren bzw. eine erfindungsgemässe Digitalkamera in bevorzugter Ausführungsform, und
- Fig. 4 die Darstellung eines Bayer-Pattern als Beispiel des Musters farbselektiver Sensoren an einer Sensormatrix für digitale Farbfotografie.

Detailbeschreibung

- Fig. 1 zeigt anhand eines Signalfluss/Funktionsblockdiagrammes, in vereinfachter Form, das Grundprinzip bzw. das Verfahren, welches der vorliegenden Erfindung zugrunde liegt bzw. der erfindungsgemässen Digitalkamera.

Eine Matrix 1 optoelektrischer Sensoren, wie beispielsweise eine CCD-Matrix, ist in der Kamera bezüglich des Abbildungsstrahles präzise verschieblich geführt (nicht dargestellt) und wie in Fig. 1 schematisch dargestellt mit
5 einem Verschiebungsantrieb 3 antriebsverbunden. Bezüglich einer bevorzugt eingesetzten Präzisionsführung mit Antrieb einer derartigen Matrix 1 in einer Digitalkamera wird auf die WO 01/00001 derselben Anmelderin verwiesen, die diesbezüglich integrierter Beschreibungsteil der
10 vorliegenden Anmeldung sein soll.

Mit dem (nicht dargestellten) Abbildungsstrahl der Kamera wird Bild B_1 auf die Matrix 1 abgebildet. Die elektrischen Ausgangssignale der Matrixsensorelemente, am Ausgang A_1 , werden, über eine zeitgesteuerte Umschalteinheit 5, einer
15 Multiplexereinheit zugeführt.

Die Matrix 1 wird durch einen Antrieb 3 um einen vorgebbaren Verschiebungsvektor \bar{S} (x_s, y_s) verschoben. Dadurch erscheint das Bild B_2 , wie in Fig. 1 rechts dargestellt, um den richtungsinvertierten Vektor \bar{S}^{-1}
20 verschoben, auf der Matrix 1 abgebildet.

Mit Hilfe der Zeit-Multiplexereinheit 5 wird das an der Matrix 1 optoelektrisch gewandelte Bild B_{1e} an einer Speichereinheit 7_1 abgespeichert, gleichermassen, nach erfolgter Verschiebung \bar{S} der Matrix 1, das Bild B_{2e} in
25 einer Speichereinheit 7_2 . Die abgespeicherten Bilder sind gebildet durch von den Sensorausgangssignalen abhängigen Signale und Angaben der Position jedes Sensors auf der Matrix 1. Gemeinsam werden beide Signalanteile, Signale der optoelektrischen Wandlung und Positionsangaben, im weiteren
30 als Ausgangssignale der Sensoren und damit auch der Matrix 1 bezeichnet. Die elektronisch abgespeicherten Bilder B_{1e}

und B_{2e} werden anschliessend an einer Vergleichseinheit 9 verglichen. In Fig. 1 sind die den jeweiligen elektronischen Bildern B_{1e} , B_{2e} entsprechenden, abgespeicherten Sensorausgangssignale und Positionssignale
5 direkt der Vergleichseinheit 9 zugeführt. Wie aber noch erläutert werden wird, wird in bevorzugter Art und Weise der Vergleichseinheit 9 und einem und/oder beiden der Speichereinheiten 7_1 bzw. 7_2 eine in Fig. 1 gestrichelt eingetragene Verarbeitungseinheit 11_1 bzw. 11_2
10 zwischengeschaltet, so dass der jeweilige Ausgang A_{71} bzw. A_{72} mit den entsprechenden Eingängen E_{92} bzw. E_{91} wirkverbunden ist, jedoch nicht zwingend direkt.

An der Vergleichseinheit 9 werden, nach vorgegebenem Algorithmus, Ausgangssignale von Sensoren bzw.
15 Sensorgruppen, ggf. aufbereitet, miteinander verglichen.

Mit Hilfe des Vergleichsresultats Δ am Ausgang der Vergleichseinheit 9, welches einer Matrix von Vergleichsresultat-Signalen entspricht, wird vorzugsweise das zuerst registrierte Bild B_{1e} überarbeitet. Dies erfolgt
20 an einer Bildbearbeitungs-Recheneinheit 12. Es resultiert das entsprechend aufbereitete, korrigierte elektronische Bild B_{1k} in einer Speichereinheit 14.

Anhand von Fig. 2, basierend auf der Darstellung von Fig. 1, soll nun eine höchst bevorzugte Ausführungsform des
25 erfindungsgemässen Verfahrens bzw. einer erfindungsgemässen Digitalkamera erläutert werden mit dem Ziel, Störungen, welche an die Matrix 1 gekoppelt sind, wie beispielsweise Staubpartikel auf der Matrix, Kratzer an einer Matrixbeschichtung etc., zu erkennen.

30 Auf der Sensormatrix 1 sei am Ort x_z , y_z eine Störung Z, beispielsweise in Form eines Staubpartikels, vorhanden.

Wird die Matrix 1, wie anhand von Fig. 1 beschrieben wurde, um einen Verschiebungsvektor \bar{S} verschoben, so wandert der Abbildungsstrahl-bewirkte Anteil des Bildes B_1 auf der Matrix 1 entsprechend dem richtungsinvertierten Vektor \bar{S}^{-1} .

- 5 Die Lagekoordinaten der Störung Z an der Matrix 1 bleiben auch nach Verschiebung der Matrix 1 erhalten, d.h. die Störung Z wird zusammen mit der Matrix 1 verschoben, im Unterschied zum Bild aus dem Abbildungsstrahl.

- 10 Es wird mithin auch nach der Verschiebung \bar{S} dieselbe Gruppe von Sensoren an der Matrix 1 die erwähnte Störung Z durch optoelektrische Wandlung erfassen. In den Speichereinheiten 7_1 und 7_2 resultieren die entsprechenden elektronischen Bilder B_{1e} und B_{2e} .

- 15 Werden nun an der Vergleichseinheit 9 die jeweils das elektronisch abgespeicherte Bild ausmachenden Sensorausgangssignale miteinander verglichen, und zwar wie an der Vergleichseinheit 9 dargestellt die Ausgangssignale von Sensoren gleicher Lagekoordinaten x_n, y_n , so erscheint als Vergleichsresultat-Signalmatrix Δ , am Ausgang A_Δ der
20 Vergleichseinheit 9, eine Signalmatrix bzw. ein elektronisches "Bild", an welchem an den mit der Störung Z beaufschlagten Sensorpositionen Signaldifferenzen verschwinden oder mindestens unter einen vorgegebenen Grenzwert fallen. Dies deshalb, weil die Störung Z an
25 beiden elektronischen Bildern B_1, B_{1e} und B_2, B_{2e} dieselbe Sensoren- bzw. Positionengruppe gleichermassen beeinträchtigt.

- Damit ist die Basis gegeben, der in Fig. 2 nicht wiederholend wiedergegebenen Recheneinheit 12 gemäss Fig. 1
30 die Information zu übermitteln, wo in der Matrix 1 störungsbeeinflusste Sensoren bzw. Pixel liegen. Daraus

kann die Recheneinheit 12 beispielsweise durch
Signalinterpolation von Ausgangssignalen benachbarter
Sensoren die störungsbedingten Ausgangssignale ersetzen.

5 Ausgehend von den Erläuterungen zu Fig. 2 ist in Fig. 3
eine besonders bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden
Erfindung dargestellt, bei der Fehler- bzw. Störstellen-
beeinflusste Ausgangssignale von Sensoren bzw. Pixeln mit
Signalen entsprechend dem ungestörten Bild des
10 Abbildungsstrahls ersetzt werden und woran weiter
ermöglicht wird, sich bewegende Bildpartien im
Abbildungsstrahlengang zu erkennen und diese an der
Recheneinheit 12 gemäss Fig. 1 entsprechend zu
berücksichtigen bzw. zu bearbeiten.

Wie bereits anhand der Fig. 1 und 2 erläutert, werden Bild
15 B_{1e} und B_{2e} in den zugeordneten Speichereinheiten 7_1 und 7_2
abgespeichert.

Nun ist der Verschiebevektor \bar{S} bekannt, ihm entsprechend
wurde ja auch die Matrix 1 zur Erstellung des Bildes B_{2e}
verschoben. Es wird, vorzugsweise aus einem der beiden
20 abgespeicherten Bilder B_{1e} bzw. B_{2e} , wie in Fig. 3
dargestellt, bevorzugt aus dem Bild B_{2e} , rechnerisch ein
Phantombild Ph_{B1} ermittelt. Hierzu wird der Ausgang der
Speichereinheit 7_2 mit einer Recheneinheit 14 wirkverbunden
und ihr, wie in Fig. 3 schematisiert, die Verschiebevektor-
25 Information \bar{S} zugeführt. Die Recheneinheit 14 ordnet nun
die in der Speichereinheit 7_2 , entsprechend dem Bild B_{2e} ,
abgelegten Sensorausgangssignale neu um den
Verschiebevektor \bar{S} verschoben so um, dass als Phantombild
 Ph_{B1} ein Bild entsteht und in einer Speichereinheit 7_{Ph}
30 abgespeichert wird, welches, da um \bar{S} verschoben,
eigentlich dem Bild B_{1e} entspricht, mit dem Unterschied,

dass nun die Lagekoordinaten der störungsbeeinträchtigten Sensoren bzw. Pixel

$$x'_z = x_z + x_s$$

$$y'_z = y_z + y_s$$

- 5 sind. Die "Störstelle" von Bild B_{2e} wird um \bar{S} mitverschoben. Das Bild Ph_{B1} ist mithin das Phantom von Bild B_1 bzw. B_{1e} . Am Phantombild ist aber die Störstelle bezüglich derjenigen im Bild B_1 bzw. B_{1e} um \bar{S} verschoben.
- Nun erfolgt, in Analogie zu Fig. 1 nach einer Aufbereitung
- 10 11₂ - gemäss Fig. 3 an der Recheneinheit 14 - an der Vergleichseinheit 9, der Vergleich zwischen dem an der Speichereinheit 7₁ abgespeicherten Bild B_{1e} und dem am Phantombildspeicher 7_{ph} abgespeicherten elektronischen Bild Ph_{B1} .
- 15 Die daran gebildete Vergleichssignalmatrix weist nur dort nicht verschwindende Signalwerte auf bzw. Signalwerte, die über einem vorgegebenen Schwellwert liegen, wo Bild B_{1e} vom Phantombild Ph_{B1} abweicht, d.h., den Darstellungen von Fig. 3 folgend, an den Stellen x_z/y_z sowie an den Stellen
- 20 x'_z/y'_z , um \bar{S} auseinanderliegend. Weil der Verschiebevektor \bar{S} bekannt ist, ist auch an der Vergleichssignalmatrix Δ in der Speichereinheit 9 bekannt, welche Signale von Störstellen an welchem der beiden verglichenen Bilder stammen.
- 25 Nun ist aber wesentlich zu erkennen, dass die Information, wie an der Stelle x_z/y_z von Bild B_1 bzw. B_{1e} die ungestörte Abbildungssinformation aussieht, vorliegt. Berücksichtigt man nämlich, dass beim Übergang vom Bild B_1 bzw. B_{1e} nach Bild B_2 bzw. B_{2e} das im Abbildungsstrahlengang vorhandene

Bild, schematisch mit B_A dargestellt, bezüglich des Bildes der Störstelle Z auf der Sensormatrix 1 verschoben wurde, so ist erkenntlich, dass im Phantombild Ph_{B_1} das Signal entsprechend der Lage x_z/y_z dem Abbildungssignal entspricht, d.h. dem störungsfreien Abbildungsstrahl-
5 Abbild. Somit wird aus dem Phantombildspeicher 7_{Ph} das den Sensoren bzw. Pixeln mit der Lage x_z/y_z entsprechende Signal über den Selektionseingang $E(x_n/y_n)$ angewählt und am Ausgang A_{7Ph} als Signal $A(x_z/y_z)$ ausgelesen. Durch die hier
10 nicht mehr dargestellte Recheneinheit 12 wird das Signal $A(x_z/y_z)$ an die Stelle des Bildes B_1 bzw. B_{1e} gesetzt mit der Lagekoordinate x_z/y_z . Die Information bezüglich x_z und y_z wird somit aus der Vergleichssignalmatrix in der Vergleichseinheit 9 ermittelt. Somit wird, wie in Fig. 3
15 schematisiert, in der Bildspeichereinheit 14 gemäss Fig. 1 ein entstörtes Bild B_{1K} gemäss B_1 bereitgestellt.

Es ist auch durchaus möglich, aus den Signalen an der Vergleichseinheit 9, die Lagewerte x'_z und y'_z zu ermitteln und damit aus dem Bild B_{1e} in der Speichereinheit 7_1 den
20 entsprechenden störungsfreien Signalwert auszulesen und diesen im Phantombild anstelle der Signale entsprechend den Lagewerten x'_z/y'_z zu setzen, somit das Phantombild im Phantomspeicher 7_{Ph} zu korrigieren.

Ebenfalls ist es selbstverständlich möglich, nicht Bild B_{2e} rechnerisch um den Verschiebevektor \bar{S} rückzuverschieben,
25 sondern Bild B_{1e} in der Speichereinheit 7_1 rechnerisch um den Verschiebevektor \bar{S}^{-1} zu verschieben, bzw. beide Bilder B_{1e} und B_{2e} quasi übers Kreuz zu verschieben, dann analog zum Vorerläuterten vorzugehen.

30 Wesentlich ist dabei die Erkenntnis, dass bei mechanischer Verschiebung der Sensormatrix 1 Störstellen Z stationär auf der Matrix bleiben, während bei rechnerischer Verschiebung

die Störstellen-Bildinformationen mit der Abbildungsstrahl-Bildinformation verschoben werden.

Das Vorgehen, insbesondere, wie es anhand von Fig. 3 erläutert wurde, ermöglicht noch weitere Auswertungen. Dies

5 sei im folgenden weiterhin auf der Basis von Fig. 3 erläutert. Hat sich Bild B_1 bzw. ein Bereich des Abbildungsstrahlengang-Bildes B_A zwischen der Registrierung von B_{1e} in der Speichereinheit 7_1 und, nach Verschiebung \bar{S} , der Registrierung von B_{2e} in Speichereinheit 7_2 , bewegt, so
10 ergibt dies, wie in Fig. 3 schematisch bei p dargestellt, am Bild B_{2e} und mit Bezug auf Bild B_{1e} eine "mitverschobene" Abweichung. Diese Änderung p wird bei Erstellung des Phantombildes Ph_{B1} mit rückverschoben und führt an der Vergleichssignal-Matrix an der Vergleichseinheit 9 zu einem
15 Signalbereich p' , entsprechend einem Sensorbereich, woran das Vergleichsresultat nicht verschwindet. Dies aufgrund des Vergleichs des Phantombildes Ph_{B1} mit der Änderung p' , mit dem elektronischen Bild B_{1e} in der Speichereinheit 7_1 .

Im Unterschied zu nicht störungsbedingten, verschwindenden
20 Signalen in der Vergleichssignal-Matrix Δ an der Vergleichseinheit 9, führen aber bewegungsbedingt nicht verschwindende Signale nicht zu Doppelsignalen. Dies ist ohne weiteres daraus ersichtlich, dass bei Vergleich von B_{1e} und Ph_{B1} in der Differenzsignalmatrix sowohl an der
25 Stelle x_z/y_z wie auch an der Stelle x'_z/y'_z nicht verschwindende Signalwerte auftreten, während beim Vergleich der Abbildungsstrahl-bedingten Signale lediglich nicht verschwindende Signalwerte im Bereich p' erscheinen.

Durch Auswertung der Einmaligkeit von nicht verschwindenden
30 Signalwerten an der Vergleichssignalmatrix an Vergleichs- und Speichereinheit 9 und der Doppellerscheinung von

störungsbedingten, nicht verschwindenden Signalwerten - um \bar{S} verschoben - wird es möglich, die Bearbeitung des Bildes selektiv unter Berücksichtigung von Bewegungen einerseits und von Störungen anderseits vorzunehmen.

- 5 Die bisherigen vereinfachten Betrachtungen, welche das Prinzip der vorliegenden Erfindung aufzeigen sollen, beruhen einerseits auf einer "Schwarz/weiss"-Digitalfotografie-Technik, bei welcher alle Matrixsensoren gleichermaßen Helligkeitswerte in elektrische Signale
10 wandeln, und nicht angestrebt ist, eine digitale Farbfotografie zu erstellen.

In der Praxis ist der Einsatz von Sensoren bzw. Pixeln, welche alle gleichermaßen die Farbinformation registrieren, (noch) nicht möglich. Es ist bekannt, dass
15 bei Sensormatrixen für die digitale Farbfotografie, Muster von Sensoren vorgesehen werden, die z.B. je eine der Grundfarben Rot, Grün bzw. Blau registrieren. Bekannt ist dabei das sogenannte Bayer-Pattern, das das in Fig. 4 wiedergegebene Farbraster der Sensorselektivität hat.

- 20 Wird eine einzelne Aufnahme und Registrierung mit einer solchen Matrix gemacht, so spricht man von einer Ein-Shot-Aufnahme. Diese eignet sich insbesondere, um bewegte Objekte aufzunehmen. Die jeweils an den einzelnen Sensoren fehlenden Farbinformationen - an einem Rotsensor die
25 Information bezüglich Grün und Blau etc., müssen aus den einen betrachteten Sensor umgebenden Sensoren interpoliert werden.

- Für Aufnahmen höchster Qualität wird, z.B. bei Einsatz des erwähnten Bayer-Patterns, das sogenannte Vier-Shot-
30 Verfahren eingesetzt. Bei diesem Pattern wird die Matrix nach einer Aufnahme um jeweils ein Sensorrastermass

horizontal verschoben, eine Bildregistrierung vorgenommen, dann die Matrix, bezogen auf die Ausgangsstellung, um ein Sensorrastermass vertikal verschoben, eine weitere Aufnahme registriert und schliesslich, bezogen auf die

- 5 Ausgangsstellung, um ein Sensordiagonalrastermass horizontal und vertikal verschoben, wiederum ein Bild registriert. Dadurch steht für jedes Bildpixel die Farbinformation des roten, blauen und zweimal des grünen Kanals zur Verfügung.

- 10 Die Verschiebung erfolgt dabei bevorzugterweise mit der in der WO 01/00001 derselben Anmelderin beschriebenen Anordnung, dem dort beschriebenen Prinzip folgend.

Wird der hier vorliegendenfalls anhand der Figuren 1 bis 3 beschriebene und erfindungsgemässe Vorgang an einer

- 15 solchen, wie beispielsweise einer Bayer-Pattern-Matrix ausgeführt, so lässt sich das der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Prinzip dadurch realisieren, dass eine Verschiebung \bar{S} um mehr als ein Rastermass vorgenommen wird, streng genommen sogar schon bei kombiniert
- 20 horizontal/vertikaler Verschiebung der Matrix um ein Diagonalrastermass. Da, wie aus Fig. 4 ersichtlich, jeder zweite Sensor ein Grünsensor ist, lassen sich mit nur zwei diagonal um ein Diagonalrastermass verschobenen Registrierungen, aufgrund der Informationsdichte, bereits
- 25 ganze Bilder interpolieren und im Sinne der vorliegenden Erfindung miteinander vergleichen. Es kann durchaus angezeigt sein, eine Verschiebung um eine geradzahlige oder um eine ungeradzahlige Anzahl Rastermasse vorzunehmen, um das erfindungsgemässe Verfahren zu realisieren. Bei einer
- 30 Verschiebung um eine geradzahlige Anzahl Rastermasse ist sichergestellt, dass am selben Bildort immer Sensoren derselben Farbselektivität vorliegen.

Für eine Verschiebung um eine ungeradzahlige Anzahl
Sensorabstände spricht, die Vier-Shot-Technik mit einer
grösseren Verschiebung \bar{S} zugunsten der anhand der Fig. 1
bis 3 beschriebenen erfindungsgemässen Vorgehensweise zu
5 kombinieren: Bei einer Verschiebung um ein Rastermass wird,
betrachtet am Bayer-Pattern, horizontal bzw. vertikal z.B.
neben einem rotselektiven Sensor immer ein grünselektiver
liegen. Dasselbe gilt auch bei fünf, sieben etc.
Rastermass-Verschiebungen. Dabei wird der Qualitätsvorteil
10 der Vier-Shot-Technik mit der Möglichkeit
erfindungsgemässen Vorgehens kombiniert.

Diese Ausführungen zeigen, dass sich für den Fachmann viele
Kombinationsmöglichkeiten ergeben, welche alle den oben
dargelegten erfindungsgemässen Vorgehen entsprechen und
15 dabei Aufnahmeschnelligkeit bzw. -Qualität mehr oder
weniger gewichten.

Bei Einsatz der vorliegenden Erfindung in der
Farbdigitalfotografie mit Matrixen von Sensoren
unterschiedlicher Farbselektivitäten, wie beispielsweise
20 einem Bayer-Pattern, werden beste Resultate dann erhalten,
wenn, mit Blick auf Fig. 1, sowohl für Bild B_{1e} wie auch
für Bild B_{2e} jeweils vier gemäss dem Vier-Shot-Verfahren
verschobene Bildregistrierungen realisiert werden. Dies ist
in Fig. 1 bei den jeweiligen Speichereinheiten 7_1 und 7_2
25 angedeutet.

Dann werden, der Erfindung folgend, die beschriebenen
Verfahren an den sich zugeordneten Vier-Shot-Aufnahmen
vorgenommen, also

I_1 mit I_2

30 II_1 mit II_2 etc.

Durch diese Aufnahme von acht Teilbildern, vier vor Verschiebung um den Vektor \bar{S} , vier danach, wird der Qualität des Bildes gegenüber dem Zeitaufwand für die Bildregistrierung klar Vorzug gegeben. Als extremes

5 Gegenteil kann die Aufnahme von nur zwei Bildern, wie dies beschrieben wurde, angesehen werden, wobei dann Farbinterpolation vorgenommen wird. Selbstverständlich kann das beschriebene Vorgehen auch für die 2-Shot- und 3-Shot-Technik eingesetzt werden.

10 Wie erwähnt wurde, wird es mit dem erfindungsgemässen Vorgehen möglich, die Störstellen zu eliminieren, welche matrixgebunden sind. Zu diesen gehören insbesondere fehlerhafte Sensoren, Sensornester (Pixelnester), fehlerhafte Pixelreihen bzw. -kolonnen, Kratzer sowie
15 Staub.

Im weiteren muss festgehalten werden, dass die erfindungsgemässe Verschiebung \bar{S} um eine ganzzahlige Anzahl Rastermasse die Auswertung erleichtert. Es können aber auch nicht-ganzzahlige Verschiebungen eingesetzt
20 werden, wobei dann, wie ein Blick auf Fig. 3 klarmacht, in der Vergleichssignalmatrix nicht mehr praktisch ideal verschwindende und nicht verschwindende Signalwerte auftreten. Dann müssen Schwellwerte gesetzt werden, um die wie erläutert unterschiedlichen Signalunterschiede zu
25 diskriminieren.

Patentansprüche:

1. Digitalfotografie-Verfahren, bei dem eine Matrix (1) von optoelektrischen Sensorelementen mindestens einmal bezüglich dem Abbildungsstrahl der Kamera verschoben wird
5 und in der Position vor der Verschiebung (\bar{S}) ein erstes Bild (B_{1e}), in der Position nach der Verschiebung ein zweites Bild (B_{2e}) gespeichert wird, je in Form elektrischer Bildsignale in Funktion der Sensorausgangssignale und mit der jeweiligen
10 Sensorpositions-Information, dadurch gekennzeichnet, dass von den Bildsignalen der beiden Bilder (B_{1e} , B_{2e}) abhängige Signale einer Vergleichsoperation (9) zugeführt werden und ein Vergleichsresultats-Bild (Δ), in Form elektrischer Vergleichsresultatsignale mit der Positionsinformation
15 erzeugt wird, und mit elektrischen Signalen des Vergleichsresultats-Bildes (Δ) das erste und/oder zweite Bild zur Erzeugung eines Aufnahmebildes (B_{1K}) modifiziert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
20 dass das erste und/oder zweite Bild (B_{1e} , B_{2e}) aus mehr als einem Teilbild (I-IV) bereitgestellt werden, erzeugt durch weitere Verschiebungen der Matrix (1) entsprechend ihrer örtlichen Verteilung farbselektiver Sensorelemente.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch
25 gekennzeichnet, dass elektrische Bildsignale der beiden Bilder (B_{1e} , B_{2e}) direkt miteinander verglichen werden und Sensorelemente, deren Ausgangssignale ein mindestens in vorgegebenem Masse Übereinstimmung anzeigendes Vergleichsresultat im Vergleichsresultat-Bild (Δ) ergeben,
30 als störungsbehaftet (Z) identifiziert werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das erste (B_{1e}) und/oder zweite Bild (B_{2e}) rechnerisch (14) verschoben wird, indem die den elektrischen Bildsignalen zugeordnete Positionsinformation geändert wird, damit mindestens ein elektronisches Phantombild erzeugt wird, als eines der zu vergleichenden Bilder.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eines des ersten und zweiten Bildes (B_{2e}) rechnerisch (14) an die Position des andern Bildes (B_{1e}) verschoben wird, indem die den elektrischen Bildsignalen zugeordneten Positionsinformationen in Funktion der Verschiebung (\bar{S}) zwischen den Matrixpositionen geändert werden, damit mindestens ein Phantombild (B_{Ph1}) des anderen Bildes (B_{1e}) erzeugt wird und der Vergleich zwischen Phantombild (B_{Ph1}) und dem anderen Bild (B_{1e}) vorgenommen wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass für die Erzeugung des Aufnahmebildes (B_{K1}) elektrische Signale am ersten (B_{1e}), zweiten (B_{2e}) oder Phantombild (B_{Ph1}) ersetzt werden, deren zugeordnete Sensorelemente Positionen haben ($x_z, y_z; x'_z, y'_z$), an denen, im Vergleichsresultat-Bild (Δ), Vergleichsresultats-Signale über einem vorgegebenen Schwellwert liegen.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Ersetzen durch elektrische Signale ($A(x_z/y_z)$) eines der anderen Bilder erfolgt, und zwar von Sensorelementen stammend, deren Position der Positionsinformation entspricht an der, im Vergleichsresultat-Bild (Δ), Vergleichsresultats-Signale über dem vorgegebenen Schwellwert liegen.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass aus dem Vergleichsresultat-Bild (Δ) über störbehaftete Stellen (Z) an der Matrix und/oder über bewegte Bildbereiche (ρ) im Abbildungsstrahl geschlossen wird.
9. Verfahren nach dem Oberbegriff von Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man nebst einer mechanischen Verschiebung (\bar{S}) der Matrix (1) eine rechnerische Verschiebung mindestens eines der registrierten Bilder vornimmt und das unterschiedliche Abbildungsverhalten bei mechanischer Matrix- und elektronischer Bildverschiebung zur Interpretation der Abbildung auswertet.
10. Digitalkamera mit einem den Abbildungsstrahl bildenden optischen System und einer Matrix (1) opto-elektrischer Sensorelemente, welche bezüglich dem Abbildungsstrahl der Kamera verschieblich ist, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrische Ausgang (A_1) der Matrix (1) mit den Eingängen mindestens zweier Bildspeichereinheiten ($7_1, 7_2$) wirkverbunden ist, deren Ausgänge (A_{71}, A_{72}) mit den Eingängen (E_{91}, E_{92}) einer Vergleichereinheit (9) wirkverbunden sind, deren Ausgang wiederum auf einen Eingang einer Rechereinheit (12) geführt ist.
11. Digitalkamera nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgänge der Bildspeichereinheiten ($7_1, 7_2$) gleich mit den Eingängen (E_{91}, E_{92}) der Vergleichseinheit (9) wirkverbunden sind.
12. Digitalkamera nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Matrix (1) mit einer steuerbaren Antriebsanordnung (3) wirkverbunden ist, der Ausgang der einen Bildspeichereinheit (7_2) über eine Rechereinheit (14) auf den Eingang einer weiteren Bildspeichereinheit (7_{ph})

geführt ist, wobei ein weiterer Eingang der Recheneinheit (14) mit einem Verschiebungsaufnehmer an der Matrix (1) und/oder dem Antrieb (3) wirkverbunden ist, und dass der Ausgang der weiteren Bildspeichereinheit (7_{ph}) mit dem
5 Eingang (E_{92}) der Vergleichseinheit (9) wirkverbunden ist.

13. Digitalkamera nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass ein Ausgang der Vergleichseinheit mit einem Ausleseselektionseingang ($E(x_n, y_n)$) wirkverbunden ist, deren Ausgang (A_{ph}) mit einem Eingang an der
10 Recheneinheit (R) wirkverbunden ist.

14. Digitalkamera nach dem Oberbegriff von Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Recheneinheit (14) hat, welche ein elektronisch abgespeichertes Bild (B_{2e}) rechnerisch verschiebt (B_{ph}) und die dieses (B_{ph}) mit einem
15 von der Matrix (1) registrierten Bild (B_{1e}) vergleicht.

Zusammenfassung

Um bei Digitalfotografie sensorfeste Störstellen bezüglich ihrer Abbildungswirksamkeit zu entfernen, wird die Sensormatrix (1) mechanisch um einen vorgegebenen Vektor

- 5 (\vec{S}) verschoben. Aus Vergleich der Bildabspeicherungen vor und nach der mechanischen Verschiebung ($\gamma_1, \gamma_2, \gamma$) und der daraus resultierenden Vergleichssignalmatrix (Δ) wird erkannt, wo sensorfixe Störstellen vorhanden sind, denn durch die mechanische Verschiebung verschiebt sich wohl die
- 10 Abbildung des Abbildungsstrahls (B_1, B_2), nicht aber diejenige der Störstellen (x_z, y_z).

(Fig. 2)